

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**



**Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет**

**Актуальные проблемы освоения  
биологических ресурсов Мирового океана**

**Материалы VI Международной  
научно-технической конференции**

(Владивосток, 20–21 мая 2020 года)

Часть I

Водные биоресурсы, рыболовство, экология и аквакультура

Проблемы развития судоходства и транспорта

Владивосток  
Дальрыбвтуз  
2020

УДК 639.2.053  
ББК 47.2  
А43

**Редакционная коллегия:**

*Председатель* – О.Л. Щека, доктор физ.-мат. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

*Зам. председателя* – О.И. Шестак, канд. ист. наук, доцент, начальник научного управления.

А.Н. Бойцов, канд. техн. наук, доцент, директор Института рыболовства и аквакультуры;

С.Б. Бурханов, канд. экон. наук, доцент, директор Мореходного института;

И.С. Карпушин, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Судовождение»;

С.А. Каткова, канд. хим. наук, доцент, директор Международного института;

Е.П. Лаптева, канд. техн. наук, доцент, директор Института пищевых производств;

С.Н. Максимова, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технология продуктов питания»;

Б.И. Руднев, доктор техн. наук, профессор кафедры «Холодильная техника, кондиционирование и теплотехника»;

Л.А. Сахарова, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Экономика, управление и финансы»;

К.В. Ким, доктор экон. наук, профессор кафедры «Экономика, управление и финансы».

*Ответственный секретарь* – Е.В. Денисова, зам. начальника научного управления.

*Технический секретарь* – Е.Ю. Образцова, главный специалист научного управления.

**А43** **Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана :** материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. : в 2 ч. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. (22,6 Мб). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2020. – Ч. I. – 236 с. – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb RAM ; Windows 98/XP/7/8/10 ; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-88871-743-1 (ч. I)

ISBN 978-5-88871-742-4

Представленные материалы охватывают международные научно-технические проблемы экологии, рационального использования, сохранения и восстановления ресурсно-сырьевой базы рыболовства, развития искусственного воспроизводства и аквакультуры, эксплуатации водного транспорта, обеспечения безопасности мореплавания, прогрессивных технологий в области судовых энергетических установок и судовой автоматики.

Приводятся результаты научно-исследовательских разработок ученых Дальрыбвтуза, других вузов и научных организаций России и зарубежья.

УДК 639.2.053  
ББК 47.2

ISBN 978-5-88871-743-1

© Дальневосточный государственный  
технический рыбохозяйственный  
университет, 2020

### ТРЕТИЙ СЛУЧАЙ ТРОФИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ БЕНТОСОЯДНОЙ МАЛЬМЫ (*SALVELINUS MALMA*) В ЛИТОРАЛИ ОЗЕР КАМЧАТКИ: ОЗЕРО АЗАБАЧЬЕ

Бусарова О.Ю.

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
Владивосток, Россия  
Приморская ГСХА, Уссурийск, Россия

В оз. Азабачье, так же, как в озерах Кроноцкое и Дальнее бентосоядная форма мальмы дифференцируются на две трофические группы в зависимости от специализации к питанию либо малоподвижным бентосом (группа А), либо активными амфиподами (группа G). В оз. Азабачье группа А потребляет преимущественно моллюсков родов *Lymnaea* и *Valvata* (*Cincinna*) и личинок ручейников, при этом сильнее заражена *Diplostomum* spp. Группа G питается *Monoporeia affinis* и *Mysida* sp. и высоко инвазирована *Cystidicola farionis* и *Crepidostomum metoecus*. В питании и паразитофауне аналогичных трофических групп в разных озерах (Азабачье, Кроноцкое, Дальнее) имеются частные различия, обусловленные видовым составом гидрофауны водоемов. При этом для всех трех случаев сохраняется общий принцип – часть рыб в популяции избирательно питаются подвижными амфиподами, другая часть рыб – малоподвижным бентосом, численно доминирующим в данном водоеме.

**Ключевые слова:** *Salmonidae*, гольцы, литоральная диверсификация, трофическая специализация, озерная экосистема.

Трофическая специализация у животных является важным фактором определяющим мозаику и функционирование биологического разнообразия [1]. Специализация животных на питании определенным видом пищи приводит к морфологическим, биохимическим и поведенческим различиям [2, 3], эксплуатация узких трофических ниш снижает остроту внутри- и межвидовой конкуренции [4]. В качестве удобного объекта для изучения широкого спектра фундаментальных вопросов используют гольцов рода *Salvelinus* [5]. Эти рыбы обладают высокой экологической пластичностью, благодаря которой способны образовывать различные формы и осваивать всевозможные биотопы [6]. На Камчатке из рода *Salvelinus* наиболее широко распространена северная мальма *Salvelinus malma malma*. В ряде озер полуострова мальма образует сложные симпатричные комплексы, представленные специализированными формами [7].

В озерах Кроноцкое и Дальнее (на Камчатке) у бентосоядной формы мальмы в литорали было описано явление внутривидовой трофической специализации, при котором часть рыб избирательно питается малоподвижным бентосом, а другая часть – активным нектоном [8, 9]. Аналогичный, третий случай трофической дифференциации литоральных гольцов-бентофагов был обнаружен в оз. Азабачье.

В связи с этим, целью нашей работы является описание питания и зараженности паразитами двух трофических групп бентосоядной мальмы оз. Азабачье.

Озеро Азабачье является третьим по величине пресным водоемом п-ва Камчатка, оно располагается в 40 км от устья р. Камчатки, и соединяется с ней протокой. Площадь озера – 56.5 км<sup>2</sup>, максимальная длина – 13 км, максимальная ширина – 7,7 км, максимальная глубина – 36.8 м, средняя глубина – 18.2 м, в озеро впадает 15 притоков. Трофность озера высокая, кислородный режим благополучный, минерализация воды невысокая, дно покрыто мощными илами, литораль каменисто-галечная с примесью песка; озеро является морским реликтовым водоемом и образовано на месте морского залива. Ихтиофауна насчитывает 15 видов [10].

Гольцов для исследования отлавливали стандартными сетями (25, 30, 35 мм) в различных частях Азабачьего озера и протоки в июле 2017 г. Для каждой рыбы проводили биологический анализ, включавший измерение длины по Смитту (АС) и массы (Q) тела, определение пола и стадии зрелости гонад. Анализ питания проводили количественным методом. Рассчитывали частоту встречаемости групп пищевых объектов в желудках рыб – отношение числа рыб с данным видом пищи к числу рыб в выборке (%) и среднее количество пищевых объектов каждой группы, приходящееся на одну рыбу в выборке (экз.). Общность пищевых ниш оценивали с помощью индекса Мориситы в модификации Хорна [11].

Паразитологический анализ рыб проводили методом неполного паразитологического вскрытия. Рыб обследовали на наличие гельминтов в кишечнике, плавательном пузыре, мочеточниках, глазах, полости тела стенках желудка. Рыб не обследовали на наличие простейших, моногеней и ракообразных. Для каждого вида паразитов рассчитывали экстенсивность инвазии (ЭИ) – процент зараженных рыб в выборке, и индекс обилия (ИО) – среднее число особей паразита, приходящееся на одну рыбу в выборке. Статистический анализ проводили в программе Statistica 13.0.

### Результаты и обсуждение

В оз. Азабачье симпатричный комплекс *S. malma* представлен хищной, бентосоядной и ручьевой формами [12]. Бентосоядная форма оказалась не однородной по типу питания и разделилась на две группы. Часть рыб (группа А) питалась малоподвижным бентосом – гастроподами и личинками ручейников. Другая часть рыб (группа G) потребляла подвижных амфипод – *Monoporeia affinis* и *Mysida sp.* Различия между группами рыб по этим объектам питания были высоко достоверны ( $p=0.0000$ ). Пищевые ниши гольцов практически не перекрываются, индекс Мориситы имел значение 0.02, при биологической значимости индекса 0.6 [11].

О длительности трофической специализации гольцов двух групп говорит их зараженность паразитами, которые имеют разный срок жизни в рыбах – от нескольких месяцев до нескольких лет. Паразиты-индикаторы группы А – трематоды рода *Diplostomum*, заражают рыб при контакте с моллюсками рода *Lymnaea* [13], их метацеркарии живут в глазах рыб не менее 5-6 лет [14]. Индикаторы группы G – *Crepidostomum metoecus* и *Cystidicola farionis* инвазируют рыб при питании амфиподами, срок жизни в рыбах *C. metoecus* составляет около года [15], а *Cystidicola farionis* не менее двух лет [16].

Рыбы обеих трофических групп могли встречаться одновременно в уловах в одной и той же пространственной локации. Однако, численно бентофаги группы А преобладали в протоке, бентофаги группы G – в северо-западной части озера. Рыбы группы А имеют меньшие размеры и массу тела, меньшие темпы роста по сравнению с группой G.

Сравнение рыб, специализирующихся на объектах питания с разной энергетической ценностью, косвенно свидетельствует о том, что более высокая пищевая ценность амфипод по сравнению с моллюсками и личинками ручейников компенсирует энергетические затраты на борьбу со стрессом от негативного воздействия паразитов и способствует лучшему росту рыб. В паре бентофагов А и G большие размеры тела, высокий темп роста, жирность мышечной ткани имеют гольцы, специализирующиеся на амфиподах (G). При этом они высоко заражены патогенной *Cystidicola farionis*, которая при высоких инвазиях может приводить к гибели рыб [17]. Группа А (потребители моллюсков и ручейников) имеют низкую инвазию всеми видами паразитов при отсутствии патогенных видов, но при этом размеры их тела и темпы роста ниже. Энергетическая ценность пищи группы G выше, чем группы А. Калорийность Musidae и Gammaridae составляет соответственно 989.9 и 1339.8 кал/г сырого веса, в то время как калорийность Gastropoda и Vivalvia составляет 964 и 600 кал/г сырого веса соответственно [18].

На Камчатке, помимо оз. Азабачье, дифференциация популяции литоральных гольцов-бентофагов вне градиента глубин отмечена в озерах Кроноцкое и Дальнее (табл.) (Busarova et al., 2017a,b). Различия в питании и паразитофауне групп А и G этих трех озер

обусловлены видовым составом гидрофауны. Основу биомассы малоподвижного бентоса в оз. Азабачье и Дальнее составляют гастроподы, а в оз. Кроноцкое – хирономиды. В оз. Азабачье отсутствуют пресноводный *Gammarus lacustris*, и его нишу занимают реликтовый рачок *Monoporeia affinis* и мизиды. В фауне оз. Дальнее отсутствуют *Cystidicola farionis* и *Phyllodistomum umblae*.

Некоторые характеристики двух трофических групп бентосоядной мальмы в озерах Камчатки

Показатель	А			Г		
	Кроноцкое <sup>1</sup>	Дальнее <sup>2</sup>	Азабачье	Кроноцкое <sup>1</sup>	Дальнее <sup>2</sup>	Азабачье
Средняя длина (FL), мм	279.1	223.0	302.0	327.8	233.0	294.0
Средняя масса, г	204.5	103.1	266.9	343.5	112.0	239.7
Среднее число жертв в желудках, экз.:						
- <i>Lymnaea</i> sp.	0.01	0.9	12.3	0.24	0	0.1
- <i>Valvata (Cincinna)</i> sp.	0	16.9	15.2	0	0.6	0
- Личинки хирономид	33.5	0.1	0.2	0.7	0	1.1
- Личинки ручейников	0.02	0	5.1	0.03	0	0
- <i>Gammarus lacustris</i>	0.4	0	0	40.2	36.0	0
- <i>Pontoporeia affinis</i>	0	0	0.1	0	0	6.4
- <i>Mysida</i> sp.	0	0	0	0	0	3.2
Индекс обилия паразитов, экз.:						
- <i>Crepidostomum metoecus</i>	12.5 <sup>3</sup>	0	0	3461.3 <sup>3</sup>	268.2	98.6
- <i>Cystidicola farionis</i>	0.2	0	0.4	169.0	0	94.3
- <i>Diplostomum</i> sp. 1 (внутр. среда глаза)	62.9	6.2	9.4	43.7	4.1	2.2
- <i>Phyllodistomum umblae</i>	27.3	0	4.3	1.9	0	0
Среднее число особей гельминтов, экз.	116.0	92.2	1.2	3860.0	334.4	11.7

Примечание: <sup>1</sup> – по данным Бусаровой с соавторами (2017 а), <sup>2</sup> – по данным Бусаровой с соавторами (2017 б). <sup>3</sup> – виды рода *Crepidostomum* не дифференцировали и считали вместе, как *Crepidostomum* spp.

При всех частных различиях сохраняется общий принцип: часть рыб питаются подвижными амфиподами, другая часть рыб – малоподвижным бентосом, численно доминирующим в данном водоеме. Явление литоральной диверсификации является универсальным механизмом специализации гольцов в озерах, испытывающих бризовое влияние, вероятно, эпигенетические группировки возникают de novo в каждом поколении из разнокачественной молодежи [19].

Сердечно благодарю канд. биол. наук М.Ю. Ковалева, канд. биол. наук В.А. Паренского (ННЦМБ ДВО РАН) и С.В. Бусарова (ГАУЗ ККЦ СВМП) за неоценимую помощь в проведении полевых работ и сборе ихтиологического материала.

## Библиографический список

1. Litsios G., Pellissier L., Forest F., et al. Trophic specialization influences the rate of environmental niche evolution in damselfishes (Pomacentridae) // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences Proc. R. Soc. B. – 2012. – № 279. – P. 3662–3669
2. Snorrason S.S., Skulason S., Jonsson B., et al. Trophic specialization in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Pisces; Salmonidae): morphological divergence and ontogenetic niche shifts // Biological J. of the Linnean Society. – 1994. – Vol. 52. – P. 1–18.
3. Hooker O.E., Barry J., Van Leeuwen T.E., et al. Morphological, ecological and behavioural differentiation of sympatric profundal and pelagic Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in Loch Dughail Scotland // Hydrobiologia. – 2016. – Vol. 788(1). – P. 209–221.
4. Hutchins B., Schwartz B.F., Nowlin W.H. Morphological and trophic specialization in a subterranean amphipod assemblage // Freshwater Biology. – 2014. – Vol. 59. – P. 2447–2461.
5. Knudsen R., Klemetsen A., Alekseyev S., Adams C., Power M. The role of *Salvelinus* in contemporary studies of evolution, trophic ecology and anthropogenic change // Hydrobiologia. – 2016. – Vol. 783. – P. 1–9.
6. Jonsson B., Jonsson N. Polymorphism and speciation in Arctic charr // Journal of Fish Biology. – 2001. – Vol. 58. – P. 605–638.
7. Esin E.V., Markevich G.N. Charrs of the genus *Salvelinus* of the Asian part of the North Pacific: genesis, evolution and modern diversity. Kamchatpress: Petropavlovsk-Kamchatskij. – 2017. – 188 p. [in Russian].
8. Busarova O.Y., Markevich G.N., Esin E.V., Knudsen R. Trophic differentiation of the nosed charr *Salvelinus malma* in Lake Kronotskoe (Kamchatka) // Russian Journal of Marine Biology. – 2017a. – Vol. 43(1). – P. 57–64.
9. Busarova O.Y., Butorina T.E., Markevich G.N., Esin E.V. Ecological differentiation of resident Dolly Varden *Salvelinus malma* (Salmonidae) from lake Dal'nee, Kamchatka // Journal of Ichthyology. – 2017b. – Vol. 57(4). – P. 569–579.
10. Bugaev V.F., Kirichenco V.E. Rearing and spawning lakes for asian sockeye salmon stocks (including several additional water bodies in range). – Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2008. – 280 p.
11. Horn H.S. Measurement of “overlap” in comparative ecological studies // American Naturalist. – 1966. – Vol. 100. – P. 419–424.
12. Savvaitova K.A. Arctic Charrs: structure of population systems, perspectives of commercial use. Agropromizdat: Moscow. – 1989 [in Russian].
13. Williams M.O. Studies on the morphology and life-cycle of *Diplostomum* (*Diplostomum*) *gasterostei* (Strigeida: Trematoda) // Parasitology. – 1966. – Vol. 56(4). – P. 693–706.
14. Shigin A.A. Trematode Fauna of Soviet Union. Genus *Diplostomum*. Metacercaria. Nauka: Moscow, 1986. – 254 p. [in Russian].
15. Awachie J.B.E. On the bionomics of *Crepidostomum metoecus* (Braun, 1900) and *Crepidostomum farionis* (Müller, 1784) (Trematoda, Allocreadiidae) // Parasitology. – 1968. – Vol. 58(2). – P. 307–325.
16. Black G.A., Lankester M.W. Migration and development of swim-bladder nematodes, *Cystidicola* spp. (Habronematoidea), in their definitive hosts // Canadian Journal of Zoology. – 1980. – Vol. 58 (11). – P. 1997–2005.
17. Knudsen R., Klemetsen A. Infections of *Diphyllobothrium dendriticum*, *D. ditremum* (Cestoda), and *Cystidicola farionis* (Nematoda) in a north Norwegian population of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) during winter // Canadian Journal of Zoology. – 1994. – Vol. 72(11). – P. 1922–1930.
18. Shershneva V.I., Koval M.V. Caloric content of mass zooplankton and ichthyoplankton species of Kamchatka waters // Izvestiya TINRO. – 2004. – Vol. 139. – P. 349–369.
19. Markevich G.N., Esin E.V., Borisova E.A., Busarova O.Yu., Tiunov A.V. Trophic divergence in litoral dwelling charrs (*Salvelinus*) – an exceptional case or the new evolution mode in freshwater lakes of north latitudes? In press.

### **THIRD CASE OF TROPHIC DIFFERENTIATION OF BENTHIVORE MORPH DOLLY VARDEN *SALVELINUS MALMA* IN LITORAL ZONE OF LAKES OF KAMCHATKA: LAKE AZABACHYE**

Busarova O.Yu.

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

*In the Azabachye lake, as well as in the Kronotskoye and Dal'nee, benthivore morph Dolly Varden *Salvelinus malma* are differentiated into two trophic groups, depending on their specialization in nutrition, either inactive benthos (group A) or active amphipods (group G). In the Azabachye lake group A eaten mollusks and trichoptera larvae and is infected with *Diplostomum* spp. Group G) feeds on *Monoporeia affinis* and *Mysida* sp., is infected with *Cystidicola farionis* and *Crepidostomum metoecus*. In the diet and parasitofauna of parallel trophic groups in different lakes (Azabachye, Kronotskoye and Dal'nee), there are particular differences due to the species composition of the hydrofauna of water bodies. At the same time, for all three cases, the general principle is preserved - part of the fish feed on mobile amphipods, the other part of the fish feed on inactive benthos, which is numerically dominant in this reservoir.*

#### **Сведения об авторе:**

Бусарова Олеся Юрьевна, канд. биол. наук, доцент, e-mail: olesyabusarova@mail.ru